

## ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

**А. С. Левішко**, <https://orcid.org/0000-0003-4037-1730>,

**І. І. Гуменюк**, <https://orcid.org/0000-0002-6692-0171>,

**В. О. Цвігун**, <https://orcid.org/0000-0002-9517-9810>

Інститут агроекології і природокористування НААН  
вул. Метрологічна, 12; м. Київ, 03143, Україна; e-mail: [gumenyuk.ir@gmail.com](mailto:gumenyuk.ir@gmail.com)

**Мета.** Вивчити ефективність обробки насіння пшениці озимої хімічними протруйниками й комплексним препаратом на основі *Azotobacter vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI та *Bacillus megaterium* 39 AI. **Методи.** Мікроорганізми, що є основою комплексного біологічного препарату, тестували на сумісність із фунгіцидами в лабораторних умовах. Для цього проводили інкубацію бактерій з хімічним протруйником та подальшим визначенням зміни їхнього титру. Перевірку ефективності мікробного препарату окремо та за сумісного застосування з хімічними фунгіцидами проводили на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН. Всі обліки, спостереження за ростом і розвитком рослин у посівах, морфологічні показники та аналізи в досліді проводили згідно із загальноприйнятими методиками. **Результати.** За результатами тестування сумісності мікроорганізмів з агрохімікатами встановлено, що фунгіцид Вайбранс Тріо (седаксан 25 г/л, флудіоксоніл 25 г/л, тебуконазол 10 г/л) забезпечував незначне зниження чисельності досліджуваних бактерій (до 10 %). Фунгіцид Авіцена (тебуконазол 50 г/л, прохлораз 250 г/л, крезоксим-метил 50 г/л) призводив до критичного зменшення титру бактерій, особливо представників роду *Azotobacter*. Фунгіцид Аканто Плюс (нікоксистробін — 200 г/л, ципроконазол 80 г/л) незначно впливав на чисельність досліджуваних бактерій з часом. Комплексна обробка насіння пшениці озимої, навіть у суміші мікробного препарату з фунгіцидами Вайбранс Тріо та Аканто Плюс відповідно, позитивно впливала на ріст і розвиток рослин пшениці, збільшуючи врожайність культури. **Висновки.** Отримані результати свідчать про ефективність застосування нового комплексного мікробного препарату у вирощуванні пшениці озимої. Встановлено негативний вплив фунгіциду Авіцена на компоненти біопрепарату за застосування їх у одній баковій суміші для обробки насіння. Допустимим є поєднане застосування мікробного препарату з фунгіцидами Вайбранс Тріо та Аканто Плюс у технології вирощування пшениці озимої.

**Ключові слова:** комплексні мікробні препарати, *Azotobacter vinelandii*, *A. chroococcum*, *Bacillus megaterium*, передпосівна обробка насіння, біопрепарати, фунгіциди.

**Вступ.** Вирощування пшениці озимої в Україні є стратегічно важливим для аграрного сектору економіки, що зумовлено комплексом агробіологічних, економічних та соціальних факторів. У сучасному сільському господарстві актуальним є питання збільшення виробництва зерна й підвищення його рентабельності за умови мінімізації використання хімічних препаратів [1]. Розв'язан-

ня цього завдання є важливим для забезпечення населення якісними й доступними продуктами харчування. Мікробні біопрепарати розглядають як ефективну альтернативу мінеральним добривам, оскільки вони сприяють зменшенню хімічного навантаження на довкілля та дозволяють отримувати аграрну продукцію високої якості [2]. Саме мікробні препарати, завдяки функціональним

особливостям мікроорганізмів, що входять до їхнього складу, зокрема фіксації азоту, мобілізації фосфору, продукуванню гідролітичних ферментів і фізіологічно активних речовин, можуть стати ефективним доповненням до мінеральних добрив, забезпечуючи активізацію постачання рослинам макро- та мікроелементів [3–5]. У сучасних агротехнологіях значна увага приділяється максимальній реалізації потенціалу сільськогосподарських культур. Для цього використовуються багато різних засобів та застосовується одночасно багато препаратів, як хімічного, так і біологічного походження [6]. Однак це часто вимагає зменшення кількості обробок насіння, щоб мінімізувати ризик його механічного пошкодження. Для цього аграрії зазвичай намагаються використати максимальну кількість необхідних препаратів в одній обробці. Проте використання пестицидів може негативно вплинути на взаємодію між бактеріями та рослинами, що зі свого боку може призвести до зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій з досліджуваної теми.** Пшениця озима — стратегічна зернова культура, її посівні площі в Україні на 2024 р. перевищували 4,9 млн га. На сьогодні пшениця озима разом із кукурудзою та соняшником є найбільш вирощуваними сільськогосподарськими культурами [7].

Останніми роками все більше науковців звертають увагу на потенціал мікробних препаратів як екологічно безпечної та ефективною альтернативи традиційним мінеральним добривам у вирощуванні озимої пшениці. У контексті сучасної потреби у зменшенні хімічного навантаження на довкілля та підвищенні якості аграрної продукції тема використання біоагентів на основі мікроорганізмів набула особливої актуальності [8]. Інтродукція корисних ґрунтових мікроорганізмів в агроценози є важливою та необхідною в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема зернових. Інтродуковані мікроорганізми покращують процес живлення рослин, сприяють захисту від фітопатогенних організмів різного походження, активують зростання врожайності та підвищення якісних характеристик зерна [9]. Важливою складовою для підтримання популяції корисних ґрунтових мікроорганізмів

та здоров'я ґрунту є дотримання сівозмін, внесення органічних добрив, а також зменшення використання хімічних мінеральних добрив [10]. Швейцарські мікробіологи, досліджуючи мікробіом пшениці, виявили ключову роль штамів *Azotobacter* та *Bacillus* у формуванні продуктивної ризосфери. Мікробні угруповання здатні стимулювати ріст рослин за рахунок продукування ауксинів та інших фітогормонів, а також покращувати здоров'я, підвищувати продуктивність та стійкість пшениці до біотичних факторів [11]. Оцінка впливу хімічних та біологічних фунгіцидів на бактеріальні угруповання ґрунту має вирішальне значення для вдосконалення систем захисту рослин і розробки нових стратегій з мінімальним впливом на біологію ґрунту, що забезпечить сталий підхід до управління хворобами сільськогосподарських культур [12]. Деякі бактеріальні популяції зазнають негативного впливу фунгіцидів через їхню пряму токсичність, а стійкість бактерій до дії фунгіцидів, як припускають, є мінливою. Бактерії взаємодіють з грибами, тому будь-який вплив фунгіцидів на популяції грибів опосередковано впливає і на бактеріальні угруповання. Крім того існують дані, що фунгіциди чинять дію не лише на таксономічне, але й на функціональне різноманіття мікроорганізмів [13]. Попри потенційні екологічні загрози, пов'язані із застосуванням фунгіцидів, вони залишаються незамінним засобом для ефективного захисту сільськогосподарських культур. Відмовитися від їх використання в найближчій перспективі неможливо, що зумовлює необхідність ретельного вивчення їхнього впливу на нецільові організми та екосистему загалом [14].

Тому під час дослідження ефективності біологічних препаратів необхідно також враховувати реакцію мікроорганізмів на хімічні протруйники. У зв'язку з цим, **метою** нашої роботи було вивчити ефективність комплексної обробки насіння пшениці хімічними фунгіцидами та препаратом на основі *Azotobacter vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI та *Bacillus megaterium* 39 AI.

**Матеріали та методи досліджень.** Перевірку ефективності досліджуваних препаратів проводили на полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН упродовж 2023–2024 рр. Ці поля

розташовані в геоморфологічному районі Придніпровського плато в підрайоні «б» першого агрокліматичного району Київської обл. Тип ґрунту дослідних полів — чорнозем типовий малогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий. Вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту (0–20 см) — 3,0 %, легкогідролізованого азоту — 6,6 мг/кг, рухомого фосфору — 147 мг/кг й обмінного калію — 152 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину слабкисла ( $pH_{\text{сол.}} = 5,2$ ). Агротехніка вирощування культур — загальноприйнята для зони. Висівали сорт пшениці озимої Колонія. Посів рослин проводили на глибину 3–5 см із розрахунку 100 кг/га, ширина міжрядь — 45 см. Повторність дослідів — триразова, облікова площа дослідних ділянок 25 м<sup>2</sup>. Всі обліки, спостереження за ростом і розвитком рослин у посівах, морфологічні показники та аналізи в досліді проводили згідно із загальноприйнятими методиками [15; 16].

Для обробки насіння використовували штами *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI і *B. megaterium* 39 AI, виділені раніше в лабораторії екології мікроорганізмів [17]. *A. vinelandii* 7 AI та *A. chroococcum* 8 AI вирощували на рідкому середовищі Ешбі протягом 4–5 діб за 26–28 °С (240 об./хв.) у колбах, що містили по 250 мл відповідного живильного середовища [18]. Титр бактерій становив 10<sup>6</sup>–10<sup>7</sup> кл./мл. *B. megaterium* 39 AI вирощували на рідкому середовищі такого складу (г/л): м'ясний екстракт — 5,0; пептон — 10,0; NaCl — 5,0; pH = 7,0 [19]. Титр бактерій сягав 10<sup>10</sup> кл./мл.

Усі взяті в дослід мікроорганізми для обробки насіння пшениці спочатку тестували на сумісність із протруйниками.

Протруйники для насіння, взяті в дослід:

1. Вайбранс Тріо (седаксан 25 г/л, флудіоксоніл 25 г/л, тебуконазол 10 г/л), норма для обробки — 1,5 л/га.

2. Авіцена (тебуконазол 50 г/л, прохлораз 250 г/л, крезоксим-метил 50 г/л), норма для обробки — 0,5 л/га.

3. Аканто Плюс (пікоксистробін 200 г/л, ципроконазол 80 г/л), норма для обробки — 1 л/га.

Спільне інкубування бактерій та протруйників для обробки насіння проводили протягом 1, 3 та 6 год. Перевірку збереження кількості мікроорганізмів на насінні проводили через 1, 7 та 10 діб після обробки. Ви-

значення титру бактерій здійснювали загальноприйнятним методом [20]. Обробку насіння пшениці фунгіцидами проводили згідно з рекомендаціями, наданими виробником.

У польових дослідженнях випробовували ефективність таких варіантів передпосівної інокуляції:

1. Контроль (вода).

2. Комплекс мікроорганізмів.

3. Вайбранс Тріо.

4. Аканто Плюс.

5. Вайбранс Тріо (1,5 л/т) + комплекс мікроорганізмів.

6. Аканто Плюс (1,0 л/т) + комплекс мікроорганізмів.

Усі досліді проводили в 3-разовому біологічному та 5-разовому аналітичному повтореннях. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали з використанням STATISTICA 10 та Microsoft Excel 10.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Під час попередніх досліджень нами проведено скринінг мікроорганізмів, адаптованих до локальних ґрунтово-кліматичних умов, для виявлення штамів, що демонструють стійкість до різноманітних засобів живлення та захисту рослин. Це дозволило відібрати перспективні штами, які зможуть слугувати ефективною основою біопрепаратів. Показано ефективність застосування комплексного мікробного препарату на основі *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI і *B. megaterium* 39 AI на рослинах вівса та ячменю ярого в період вегетації. Встановлено позитивний вплив обробки рослин не лише на урожайність культур, але й на якість одержаної продукції [21].

Як відомо, обробка насіння передбачає використання широкого спектру речовин. Найчастіше застосовують обробку насіння хімічними фунгіцидами. Вони досить широко використовуються для боротьби з грибними захворюваннями для збільшення врожайності. Однак вплив фунгіцидів на мікроорганізми (крім мікроміцетів), ще й досі залишається незрозумілим. Інформація про їх спільне застосування в одній баковій суміші з бактеріями є недостатньою та часто суперечливою [22; 23]. Тому насамперед ми провели перевірку бактерій на сумісність із хімічними протруйниками в лабораторних умовах. Узагалі, визначення стійкості досліджених бактерій до дії різних пестицидів

дасть змогу запобігати можливим негативним наслідкам у разі спільного застосування хімічних та біологічних препаратів, та особливо на здатність бактерій до взаємодії з рослиною.

Так, насамперед було досліджено чутливість мікроорганізмів у баковій суміші до хімічних фунгіцидів. На рис. 1 відображено результати дослідження впливу різних фунгіцидів на чисельність бактерій, як окремо для кожної, так і в їх комплексі.

Титр мікроорганізмів у контрольному варіанті (вода) становив  $5 \times 10^7$  та  $9 \times 10^7$  кл./мл для *A. vinelandii* 7 AI і *A. chroococcum* 8 AI відповідно та  $1 \times 10^{10}$  кл./мл — для *B. megaterium* 39 AI. В ході досліджень встановлено, що в контрольному варіанті показник залишається практично на рівні вихідного титру протягом тривалого часу. Фунгіцид Вайбранс Тріо сприяв незначному зниженню показника з часом, проте він все ще залишався на рівні 90 %. Фунгіцид Авіцена призводив до критичного зменшення титру бактерій, особливо представників роду *Azotobacter*. Фунгіцид Аканто Плюс, як і Вайбранс Тріо показав незначний вплив на чисельність досліджуваних бактерій з часом. Отже, встановлено, що бактерії, використані в експерименті, по-різному реагують на додавання в бако-

ву суміш фунгіцидів, рекомендованих для протруювання насіння пшениці, що пояснюється різними діючими речовинами.

Також нами перевірено ступені збереження мікроорганізмів на насінні після сумісної з фунгіцидами обробки. Аналізи здійснювали через 1, 7 та 10 діб (рис. 2).

Навантаження бактерій на 1 насінину становило: *A. vinelandii* 7 AI —  $4 \times 10^5$ , *A. chroococcum* 8 AI —  $8 \times 10^5$  та *B. megaterium* 39 AI —  $8 \times 10^8$ . Результати досліджень показали, що фунгіциди Вайбранс Тріо та Аканто Плюс є менш згубними для бактерій на насінні (протягом тривалого часу), ніж фунгіцид Авіцена. Тому цей препарат не залучали до випробування в польовому досліді. Отже, до схеми польового досліді було введено лише випробування фунгіцидів Вайбранс Тріо та Аканто Плюс.

Посів пшениці озимої впродовж двох років провели в пізні строки сівби, причиною затримки посіву була тривала відсутність опадів. Після появи повних сходів пшениці озимої (у фазу трьох листків) здійснювали фітосанітарний огляд стану посіву. Так, на 30 % рослин спостерігали личинки попелиці — 2–5 шт./рослину. Розвитку хвороб у досліді не відзначали, лише виявлялись ознаки пошкодження рослин на 20–25 %

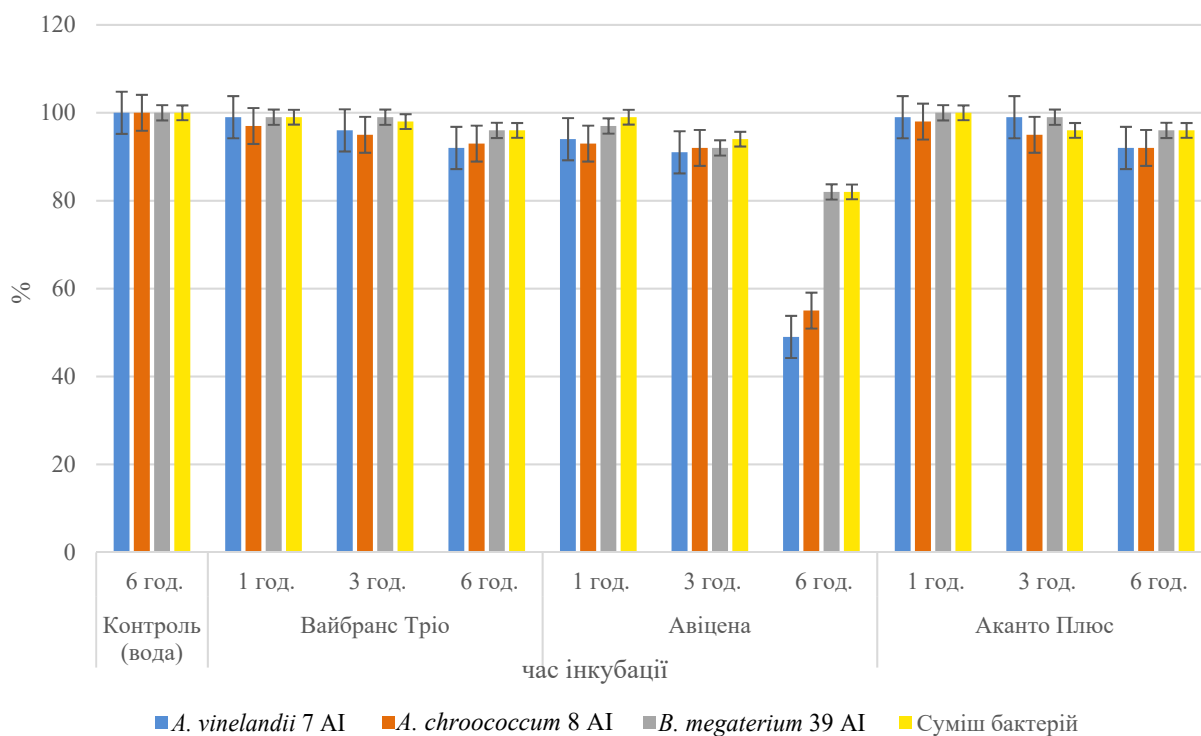


Рис. 1. Збереження клітин бактерій після спільної інкубації з хімічними протруйниками в чистій культурі.

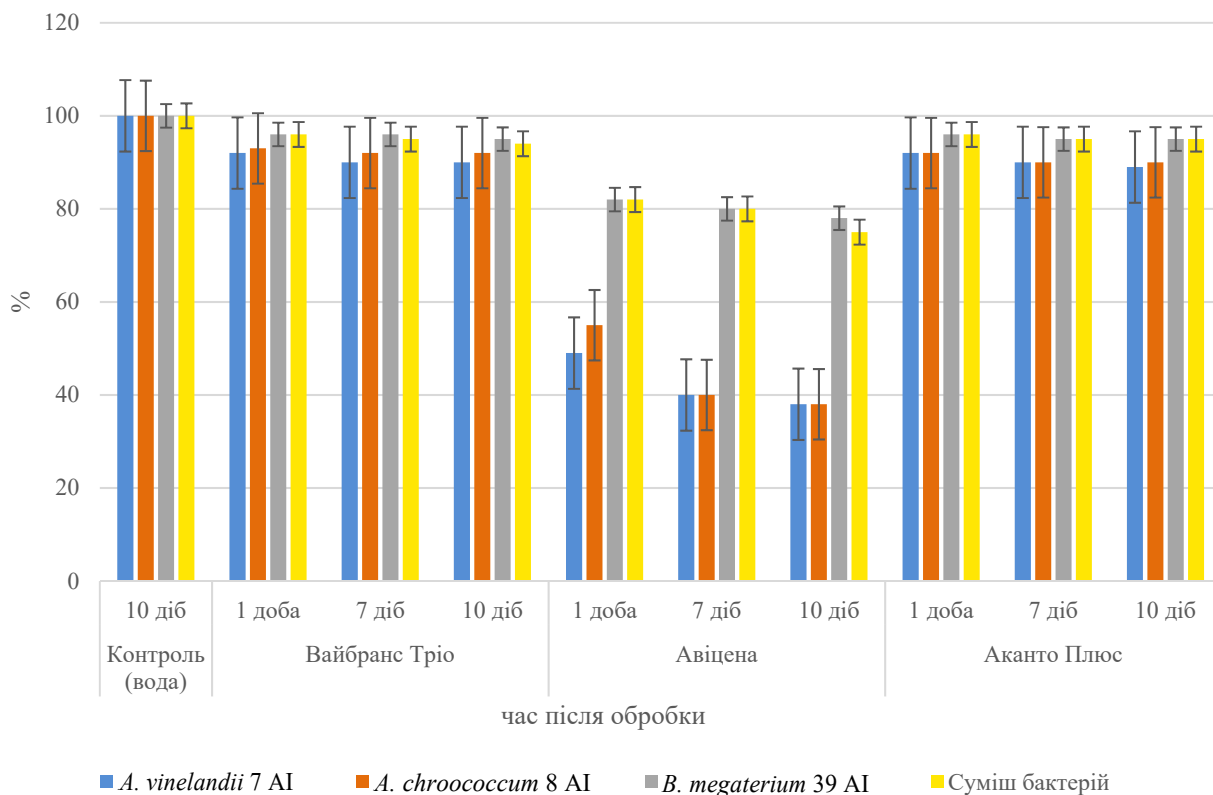


Рис. 2. Збереження клітин бактерій на насінні після спільної інкубації з хімічними протруйниками на насінні.

зимовими морозами. Перед збиранням урожаю відібрано пробні снопи та проведено їх структурний аналіз (табл. 1).

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що найвищі показники продуктивності були зафіксовані у варіанті з обробкою насіння виключно комплексом мік-

роорганізмів — *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI та *B. megaterium* 39 AI. Саме в цьому варіанті спостерігалось суттєве збільшення кількості зерен у колосі та достатньо висока маса зерна з колоса. У варіанті комбінованої обробки насіння біопрепаратом та фунгіцидами відзначено порівняно високий

Таблиця 1. Результати структурного аналізу пробного снопа з 1 м<sup>2</sup> (польові дослідження, середні за 2023–2024 рр.)

Варіанти дослідження	Показники					
	кількість стебел на 1 м <sup>2</sup>	довжина колосу, см	кількість колосків, шт.	кількість зерен у колосі, шт.	маса зерна з колосу, г	маса 1000 зерен, г
Контроль (вода)	296	6,7	28	25	1,12	45,0
Комплекс мікроорганізмів	301	7,4	34	31	1,29	45,4
Вайбранс Тріо	253	7,3	29	30	1,32	46,9
Аканто Плюс	212	6,8	27	29	1,28	47,0
Вайбранс Тріо + комплекс мікроорганізмів	248	6,7	25	26	1,03	44,4
Аканто Плюс + комплекс мікроорганізмів	275	7,9	26	26	1,08	45,5
НІР <sub>0,5</sub>	10	0,4	2	2	0,07	1,4

показник маси 1000 насінин, що вказує на часткове збереження ефекту мікроорганізмів попри можливе інгібування з боку хімічних компонентів. Це підкреслює важливість індивідуального підбору засобів захисту рослин, які не знижують активність біоагентів, а також необхідність проведення попередніх тестів на сумісність мікробних препаратів із агрохімікатами. Отже, одержані результати досліджень дають змогу розраховувати на позитивний вплив інокуляції насіння у стартовий період розвитку рослин, підвищення продуктивності.

Найбільш критично важливим показником ефективності будь-якої обробки є аналіз урожайності досліджуваної культури. Із табл. 2 видно, що обробка насіння комплексом взятих у дослід мікроорганізмів *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI, *B. megaterium* 39 AI сприяла найбільшому в досліді підвищенню урожайності (на 0,19 т/га або 7,6 % проти контролю). Це може свідчити про позитивний вплив такої обробки на перебіг більшості фізіологічних процесів у рослинах пшениці завдяки покращенню доступності поживних речовин, у т. ч. за рахунок фіксації атмосферного азоту, зростання доступності фосфатів тощо. Так, наприклад, Гончар і Патики [24] показали ефективність використання штамів *B. subtilis* для інтенсифікації фотохімічної активності рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в процесі онтогенезу. Отримані нами дані узгоджуються з результатами інших дослідників, які показали, що найвищі показники якості зерна забезпечувала технологія вирощування, частину якої складало

використання перед сівбою обробки насіння пшениці озимої біологічними препаратами [25]. Але також існують дані щодо сортоспецифічної відповіді на обробку біопрепаратами [26]. Все це демонструє складність взаємодій, які виникають між рослиною та бактеріями, що потребує дослідження багатьох аспектів взаємодій у системі «рослина-мікроорганізм».

Обробка насіння лише фунгіцидами Вайбранс Тріо і Аканто Плюс незначно впливала на врожайність (табл. 2). Фунгіцид Вайбранс Тріо сприяв підвищенню урожайності на 0,3 ц/га (1,2 %), а фунгіцид Аканто Плюс навіть знижував урожайність на 0,01 т/га (0,4 %). На нашу думку, це може бути пов'язано з тим, що фунгіциди не впливають на фізіологічні процеси рослин безпосередньо, а лише захищають їх від хвороб і, якщо умови вирощування були сприятливими та рослини не зазнавали сильного ураження хворобами, то суттєвого приросту урожайності спостерігатись не буде. Водночас фунгіциди, які застосовували без додаткової мікробної складової, могли мати негативний вплив на корисну мікробіоту ґрунту. Крім того, існують дослідження, які показують, що передпосівна обробка насіння пшениці різними хімічними фунгіцидами зменшувала енергію проростання та схожість насіння, та загалом їх вплив на ростові процеси був неоднозначним та суперечливим [27].

Обробка насіння сумішшю мікроорганізмів *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI, *B. megaterium* 39 AI та досліджених фунгіцидів також показала позитивний вплив на

Таблиця 2. Вплив бактеризації та фунгіцидів на урожайність пшениці озимої (польові досліді, середні за 2023–2024 рр.)

Варіанти досліді	Урожайність, т/га	± до контролю	
		т/га	%
Контроль (вода)	2,50	–	–
Комплекс мікроорганізмів	2,69	+0,19	+7,6
Вайбранс Тріо	2,53	+0,03	+1,2
Аканто Плюс	2,49	–0,01	–0,4
Вайбранс Тріо + комплекс мікроорганізмів	2,58	+0,08	+3,2
Аканто Плюс + комплекс мікроорганізмів	2,66	+0,16	+6,4
НІР <sub>0,5</sub>	0,07	–	–

врожайність, але менший, ніж обробка лише мікроорганізмами (табл. 2). Водночас відмінності в показниках урожайності, отриманих за використання передпосівної бактеризації й у варіанті досліду з поєднанням мікроорганізмів із фунгіцидом Аканто Плюс, були в межах статистичної похибки.

На основі аналізу представлених даних можна зробити висновок, що використання комплексу мікроорганізмів *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI та *B. megaterium* 39 AI продемонструвало позитивний вплив на врожайність пшениці, що свідчить про їхню ефективність для стимуляції росту та розвитку рослин. Це підтверджує доцільність застосування агрономічно цінних мікроорганізмів для посилення продуктивності зернових культур. Отримані результати підкреслюють важливість інтеграції мікробіологічних підходів у сучасне сільське господарство для підвищення продуктивності та екологічної стійкості агросистем.

**Висновки.** Передпосівна інокуляція насіння пшениці озимої комплексним біологічним препаратом на основі *A. vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI, *B. megaterium* 39 AI у поєднанні з фунгіцидами Вайбранс тріо та Аканто Плюс виявилася доцільною та ефективною. Встановлено негативний вплив фунгіциду Авіцена на життєздатність мікроорганізмів у баковій суміші, що вказує на зниження активності біологічного компонента за таких умов.

Отримані результати є підґрунтям для подальшої оптимізації комбінованих схем захисту й живлення рослин із перспективою адаптації до інтегрованих або ресурсозберігаючих технологій вирощування зернових культур.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Penuelas J., Sanz, F., Sardans J. A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security*. 2023. Vol. 12, № 5. P. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>
2. Chakraborty A., Saroja M. K., Garai S., Sarkar S., Bhattacharjee A., Roy K. ... Chatterjee G. Deciphering the microbiome potential and metabolic profiling of animal waste co-composting reveals the co-occurrence network of non-microbial and microbial biostimulants to strengthen conservative practices in sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technology in Agriculture*. 2025. Vol. 12,

№ 49. P. 1–21. <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00765-3>

3. Shahwar D., Mushtaq Z., Mushtaq H., Alqarawi A. A., Park Y., Alshahrani T. S., Faizan, S. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, № 6. e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>

4. Bourak K., Oulakhir F. E., Maghnia F. Z., Massart S., Biskri L., Jijakli M. H., Allaoui A. A comprehensive approach combining short-chain polyphosphate and bacterial biostimulants for effective nutrient solubilization and enhanced wheat growth. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12. 1423. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071423>

5. Шерстобоева О. В., Бунас А. А., Дем'янюк О. С. Вплив попередників та передпосівної інокуляції насіння штамом *Azotobacter vinelandii* 12M на врожайність кукурудзи і активність процесу азотфіксації. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 120–128. <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/203941>

6. Lumactud R., Gorim L., Thilakarathna M. Impacts of humic-based products on the microbial community structure and functions toward sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 6. 977121. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.977121>

7. Офіційний сайт Державної служби статистики України. <https://stat.gov.ua/uk>

8. Demyanyuk O. S., Oliinyk K. M., Davydiuk H. V., Yula V. M., Shchetina S. V., Bondar V. I., Shatkovskiy A. P. Peculiarities of the biological potential of winter wheat (*Triticum aestivum*) under cultivation technologies of different intensity in the conditions of climate change. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. Vol. 16, № 1. e25009. <https://doi.org/10.15421/0225009>

9. Патица М. В., Колодяжний О. Ю. Формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 26–33.

10. Rahman K. Effect of Different Cultivation on Quantity and Activity of *Azotobacter* sp. in Soil. *LJEEST*. 2025. Vol. 7. P. 29–38. <https://doi.org/10.63359/0tsm3a41>

11. Garrido-Sanz D., Keel C. Seed-borne bacteria drive wheat rhizosphere microbiome assembly via niche partitioning and facilitation. *Nature Microbiology*. 2025. Vol. 10. P. 1130–1144. <https://doi.org/10.1038/s41564-025-01973-1>

12. Ma G., Gao X., Nan J., Zhang T., Xie X., Cai Q. Fungicides alter the distribution and diversity of bacterial and fungal communities in ginseng fields. *Bioengineered*. 2021. Vol. 12, № 1. P. 8043–8056. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1982277>

13. Tagele S. B., Gachomo E. A comparative study: impact of chemical and biological fungicides on soil bacterial communities. *Environmental Microbiome*. 2025. Vol. 20. <https://doi.org/10.1186/s40793-025-00713-6>
14. Гетьман Я., Найдьонова О. Динаміка чисельності мікроорганізмів у ґрунтовій масі чорнозему опідзоленого після обробки фунгіцидами різного походження. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2023. № 95. С. 47–59. <https://doi.org/10.31073/acss95-05>
15. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні / уклад. С. О. Ткачик, О. І. Присяжнюк, Н. В. Лещук; Укр. ін-т експертизи сортів рослин. 4-те вид., випр. і допов. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.
16. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. Український інститут експертизи сортів рослин. Київ: Арефа, 2000. 152 с.
17. Левішко А. С., Гуменюк І. І., Мазур С. О. Створення робочої колекції агрономічно корисних штамів мікроорганізмів. Новітні досягнення біотехнології: матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 23–24 вересня). Київ, 2022. С. 59–60.
18. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2010. 463 с.
19. Антипчук А. Ф., Піляшенко-Новохатний А. І., Євдокименко Т. М. Практикум з мікробіології. Київ : Університет «Україна», 2011. 155 с.
20. Лобова О. В., Левішко А. С., Гуменюк І. І. Біотехнології: навч. посібник. Київ : Редакційно-видавничий відділ НУБІП, 2021. 545 с.
21. Левішко А. С., Гуменюк І. І., Ткач Є. Д., Терновий Ю. В., Кравчук Ю. А. Ефективність комплексного мікробного препарату для вирощування вівса та ячменю ярого. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 96–103. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287768>
22. Yang C., Hamel C., Vujanovic V., Gan Y. Fungicide: modes of action and possible impact on nontarget microorganisms. *ISRN Ecology*. 2011. Article ID 130289. P. 1–8. <https://doi.org/10.5402/2011/130289>
23. Левішко А. С., Мащенко П. М., Колодяжний О. Ю. Ефект поєднання хімічних і біологічних компонентів суміші для обробки насіння сої (*Glycine max* L.). *Агроекологічний журнал*. 2024. № 4. С. 150–160. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317167>
24. Гончар А. М., Патица М. В. Вплив бактерій *Bacillus subtilis* на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. Вип. 36. С. 28–35. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>
25. Шкалій С. М., Баган А. В., Єщенко В. М., Сенчук Т. Ю. Ефективність елементів біологізації технології вирощування пшениці озимої в лісостеповій зоні України. *Таврійський науковий вісник*. № 112. С. 174–180. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.25>
26. Хоміна В. Я., Шейко Д. В. Елементи біологізації як засіб поліпшення технологічних показників та якісного складу зерна пшениці озимої в умовах західного лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 39. С. 35–40. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.5>
27. Білоусова З. В., Кліпакова, Ю. О., Кенева В. А. Вплив допосівної обробки насіння на активність первинних ростових процесів у рослинах пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2020. № 15. С. 15–21. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.15.2>

Отримано: 10.03.2025

Прийнято до друку: 05.05.2025

Опубліковано онлайн: 17.09.2025

## THE EFFECTIVENESS OF WINTER WHEAT SEEDS COMPLEX TREATMENT

A. S. Levishko, <https://orcid.org/0000-0003-4037-1730>,

I. I. Gumeniuk, <https://orcid.org/0000-0002-6692-0171>,

V. O. Tsvihun, <https://orcid.org/0000-0002-9517-9810>

Institute of Agroecology and Environmental Management, NAAS, Kyiv  
e-mail: [gumenyuk.ir@gmail.com](mailto:gumenyuk.ir@gmail.com)

**Objective.** To study the effectiveness of winter wheat seed treatment with chemical disinfectants and a complex preparation based on *Azotobacter vinelandii* 7 AI, *A. chroococcum* 8 AI and *Bacillus megaterium* 39 AI. **Methods.** The microorganisms that form the basis of the complex biological product were tested for compatibility with fungicides in the laboratory. For this purpose, the bacteria were incubated with a chemical disinfectant and their titer was subsequently determined. The effectiveness of the microbial preparation alone and in combination with chemical fungicides was tested in the fields of the Skvyra Experimental Station of Organic Production of the Institute of Agroecology and Environmental Management of the National Academy of Agrarian Sciences. All records, observations of the growth and development of plants in crops, morphological parameters and analyses in the experiment were carried out in accordance with generally accepted methods. **Results.** While testing the compatibility of microorganisms with agrochemicals, it was found that the fungicide Weibrans Trio (sedaxane 25 g/l, fludioxonil 25 g/l, tebuconazole 10 g/l) provided a slight decrease in the number of bacteria tested (up to 10 %). The fungicide Avicenna (tebuconazole 50 g/l, prochloraz 250 g/l, cresoxim-methyl 50 g/l) led to a critical reduction in the titer of bacteria, especially representatives of the genus *Azotobacter*. The fungicide Acanto Plus (picoxystrobin 200 g/l, ciproconazole 80 g/l) had a slight effect on the number of bacteria studied over time. The complex treatment of winter wheat seeds, even in the mixture of the microbial preparation with Weibrans Trio and Acanto Plus fungicides, respectively, had a positive effect on the growth and development of wheat plants, increasing the yield of the crop. **Conclusions.** The results obtained indicate the effectiveness of the use of a new complex microbial preparation in the cultivation of winter wheat. The negative effect of the fungicide Avicenna on the components of the biological product when used in the same tank mixture for seed treatment was established. The combined use of the microbial preparation with the fungicides Weibrans Trio and Acanto Plus in the technology of winter wheat cultivation is acceptable.

Key words: complex microbial preparations, *Azotobacter vinelandii*, *A. chroococcum*, *Bacillus megaterium*, pre-sowing seed treatment, biological products, fungicides.

### REFERENCES

1. Penuelas, J., Sanz, F., & Sardans, J. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security*, 12(5), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>
2. Chakraborty, A., Saroja, M. K., Garai, S., Sarkar, S., Bhattacharjee, A., Roy, K. ... Chatterjee, G. (2025). Deciphering the microbiome potential and metabolic profiling of animal waste co-composting reveals the co-occurrence network of non-microbial and microbial biostimulants to strengthen conservative practices in sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12(49), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00765-3>
3. Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A. A., Park, Y., Alshahrani, T. S., & Faizan, S. (2023). Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*, 9(6), e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
4. Bourak, K., Oulakhir, F. E., Maghnia, F. Z., Massart, S., Biskri, L., Jijakli, M. H., & Allaoui, A. (2024). A comprehensive approach combining short-chain polyphosphate and bacterial biostimulants for

effective nutrient solubilization and enhanced wheat growth. *Microorganisms*, 12. 1423. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071423>

5. Sherstoboeva, O. V., Bunas, A. A., & Demyanyuk, O. S. (2020). Vplyv poperednykiv ta peredposivnoi inokuliacii nasinnia shtamom *Azotobacter vinelandii* 12M na vrozhaivnist kukurudzy i aktyvnist protsesu azotfiksiatsii [The effect of precursors and pre-sowing inoculation of seeds with *Azotobacter vinelandii* 12M strain on maize yield and nitrogen fixation activity]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 1, 120–128 [in Ukrainian]. <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/203941>

6. Lumactud, R., Gorim, L., & Thilakarathna, M. (2022). Impacts of humic-based products on the microbial community structure and functions toward sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. 977121. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.977121>

7. Statistics Service of Ukraine. <https://stat.gov.ua/uk>

8. Demyanyuk, O. S., Oliinyk, K. M., Davydiuk, H. V., Yula, V. M., Shchetina, S. V., Bondar, V. I., & Shatkivskyi, A. P. (2025). Peculiarities of the biological potential of winter wheat (*Triticum aestivum*) under cultivation technologies of different intensity in the conditions of climate change. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(1). e25009. <https://doi.org/10.15421/0225009>

9. Patyka, M. V., & Kolodiaznyi, O. Yu. (2014). Formuvannia mikrobnogo kompleksu chornozemu typovoho v ahrotsenozi pshenytsi ozymoi za riznykh system zemlerobstva [Formation of the microbial complex of typical chernozem in the agrocenosis of winter wheat under different farming systems]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii — Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 26–33 [in Ukrainian].

10. Rahman, K. (2025). Effect of Different Cultivation on Quantity and Activity of *Azotobacter* sp. in Soi. *LJEST*, 7. 29–38. <https://doi.org/10.63359/0tsm3a41>

11. Garrido-Sanz, D., & Keel, C. (2025). Seed-borne bacteria drive wheat rhizosphere microbiome assembly via niche partitioning and facilitation. *Nature Microbiology*, 10, 1130–1144. <https://doi.org/10.1038/s41564-025-01973-1>

12. Ma, G., Gao, X., Nan, J., Zhang, T., Xie, X., & Cai, Q. (2021). Fungicides alter the distribution and diversity of bacterial and fungal communities in ginseng fields. *Bioengineered*, 12(1), 8043–8056. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1982277>.

13. Tagele, S. B., & Gachomo, E. (2025). A comparative study: impact of chemical and biological fungicides on soil bacterial communities. *Environmental Microbiome*, 20. <https://doi.org/10.1186/s40793-025-00713-6>

14. Hetman, Ya., & Naidonova, O. (2023). Dynamika chyselnosti mikroorhanizmv u gruntovii masi chornozemu opidzolenoho pislia obrobky funhitsydami riznoho pokhodzhennia [Dynamics of the number of microorganisms in the soil mass of podzolized chernozem after treatment with fungicides of different origin]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo — Agrochemistry and soil science*, 95. 47–59 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/acss95-05>

15. Tkachyk, S. O., Prysiashniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (Eds.). (2018). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna [Methodology of qualification examination of plant varieties for their suitability for distribution in Ukraine. General part]* [in Ukrainian].

16. *Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva [Methods for determining quality indicators of crop production]*. (2000). Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn. Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. Kyiv: Arefa.

17. Levishko, A. S., Gumeniuk, I. I., & Mazur, S. O. (2022, September) Stvorennia robochoi kolektsii ahronomichno korysnykh shtamiv mikroorhanizmv [Creation of a working collection of agronomically useful strains of microorganisms]. The latest achievements of biotechnology: materials of the VI international scientific and practical conference (pp. 59–60), Kyiv [in Ukrainian].

18. Volkohon, V. V. (Ed.). (2010). *Eksperymentalna hruntova mikrobiolohiia: monohrafiia*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

19. Antypchuk, A. F., & Piliashenko-Novokhatnyi, A. I., Yevdokymenko, T. M. (2011). *Praktykum z mikrobiolohii [Microbiology workshop]*. Kyiv: Universytet “Ukraina” [in Ukrainian].

20. Lobova, O. V., Levishko, A. S., & Gumeniuk, I. I. (2021). *Biotekhnolohii: navchalnyi posibnyk [Biotechnology: a textbook]*. Kyiv: Editorial and publishing department of NUBIP [in Ukrainian].

21. Levishko, A. S., Gumeniuk, I. I., Tkach, Ye. D., Ternovyi, Yu. V., & Kravchuk, Yu. A. (2023). Efektyvnist kompleksnoho mikrobnogo preparatu dlia vyroshchuvannia vivsa ta yachmeniu yarohe [Efficiency of a complex microbial preparation for growing oats and spring barley]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 96–103 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287768>

22. Yang, C., Hamel, C., Vujanovic, V., & Gan, Y. (2011). Fungicide: modes of action and possible impact on nontarget microorganisms. *ISRN Ecology*. 130289, 1–8. <https://doi.org/10.5402/2011/130289>

23. Levishko, A. S., Mamenko, P. M., & Kolodiaznyi, O. Iu. (2024). Efekt poiednannia khimichnykh i biolohichnykh komponentiv sumishi dlia obrobky nasinnia soi (*Glycine max* L.) [The effect of

combining chemical and biological components of the mixture for soybean seed treatment (*Glycine max* L.]). *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 150–160 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317167>

24. Honchar, A. M., & Patyka, M. V. (2022). Vplyv bakterii *Bacillus subtilis* na stan i aktyvnist fotosyntetychnoho aparatu roslyn pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) [The influence of *Bacillus subtilis* bacteria on the state and activity of the photosynthetic apparatus of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) plants]. *Silskohospodarska mikrobiologiya — Agricultural microbiology*, 36, 28–35 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>

25. Shkalii, S. M., Bahan, A. V., Yeshchenko, V. M., & Senchuk, T. Iu. (2020). Efektyvnist elementiv biolohizatsii tekhnologii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v lisostepovii zoni Ukrainy [Efficiency of elements of biologisation of winter wheat cultivation technology in the forest-steppe zone of Ukraine]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk — Taurian Sci-*

*entific Herald*, 112, 174–180 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.25>

26. Khomina, V. Ia., & Sheiko, D. V. (2023). Elementy biolohizatsii yak zasib polipshennia tekhnolohichnykh pokaznykiv ta yakisnoho skladu zerna pshenytsi ozymoi v umovakh zakhidnoho lisostepu [Elements of biologisation as a means of improving the technological indicators and quality composition of winter wheat grain in the western forest-steppe]. *Podilskiyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika — Podilskiyi Bulletin: agriculture, technology, economics*, 39, 35–40 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.5>

27. Bilousova Z. V., Klipakova, Yu. O., & Kenieva V. A. (2022). Vplyv doposivnoi obrobky nasinnia na aktyvatsiiu pervynnykh rostovykh protsesiv u roslynakh pshenytsi ozymoi [The influence of pre-sowing seed treatment on the activation of primary growth processes in winter wheat plants]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian Innovations*. 15, 15–21 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2022.15.2>

Received: 10.03.2025

Accepted: 05.05.2025

Published online: 17.09.2025